

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
"ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ"**

**Гринберг Г.Л., Дунаевская О.И.**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ**

**по дисциплине "Статистический анализ данных"**  
для студентов экономических специальностей

Затверджено  
Редакційно-видавничою  
радою університету,  
протокол №2  
від 24.05.2018 р.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
"ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ"**

**Гринберг Г.Л., Дунаевская О.И.**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ**

**по дисциплине "Статистический анализ данных"**  
для студентов экономических специальностей

**ХАРЬКОВ НТУ «ХПИ» 2018**

УДК 681.518

Рецензенты:

Е.П. Гомозов, канд. техн. наук, доцент, Национальный университет НТУ «ХПИ»

С.Е. Гардер, канд. техн. наук, доцент, Национальный университет НТУ «ХПИ»

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Статистический анализ данных" для студентов экономических специальностей.

Целью выполнения лабораторных работ как составляющей дисциплины является приобретение навыков и умений практического использования знаний, приобретенных студентом в процессе изучения дисциплины: шкалирования, измерения числовых и нечисловых величин, планирования, проведения и обработки результатов проведения экспертного исследования.

Гринберг Г.Л., Дунаевская О.И. Методические рекомендации к лабораторным работам по дисциплине «Статистический анализ данных» для студентов экономических специальностей /Г.Л. Гринберг, О.И. Дунаевская. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2018. – 56 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №1 Анализ объекта исследования .....	5
Лабораторная работа №2 Анализ характеристик объекта при помощи таблиц взаимосопряженности.....	10
Лабораторная работа №3 Экспертное оценивание альтернатив .....	19
Лабораторная работа №4 Проверка компетентности и согласованности мнений экспертов .....	25
Лабораторная работа №5 Многокритериальное оценивание альтернатив .....	32
Лабораторная работа №6 Исследование многошаговых методов построения и решающих правил для многокритериальных задач принятия решений .....	42
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	56

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

### Анализ объекта исследования

**Цель работы:** ознакомление с методикой проведения анализа объекта исследования, выделения и оценки значимых характеристик

#### 1. Определение объекта исследования

##### 1.1. Теоретическая часть

В качестве объекта исследования в работе может быть выбран товар, услуга или мероприятие. Имеется в виду не конкретный товар, изготавливаемый конкретным предприятием, и не конкретная услуга, а вид товара или услуги. Например, «майонез», «кондиционер», «зеленый туризм», «ремонт бытовой техники», «мероприятия по решению транспортной проблемы в городе» и пр.

Кроме того, в качестве объекта исследования может быть выбран ассортиментный ряд товаров одинакового назначения, выпускаемых под одной и той же торговой маркой.

Выбранный объект необходимо коротко описать, указав его наиболее общие потребительские свойства и характеристики, а также сегмент рынка, на который он ориентирован. В дальнейшем характеристики объекта исследования будем называть факторами.

Сегмент рынка, на который ориентированы данные товары или услуги, существенно влияет, во-первых, на значимость тех или иных факторов, характеризующих объект, а во-вторых, на оценку этих факторов потребителями. Один и тот же фактор может в разных случаях для разных потребителей может быть позитивным, негативным и нейтральным. Например, жирность молочных продуктов для диетического питания, питания детей и пожилых людей – негативный фактор, а для остальных категорий – нейтральный или позитивный; холодильник небольшого размера с маленькой морозильной камерой – идеален для офиса, гостиницы, подходит для небольшой семьи, маленькой квартиры, и не годится для большой семьи. Продукты длительного хранения (они обычно содержат консерванты) не подходят для детского питания, но незаменимы в поездке, в турпоходе. Поэтому выявлению существенных факторов должно предшествовать указание рассматриваемого сегмента рынка.

##### 1.2. Задание: определить и описать объект исследования

#### 2. Определение факторов, характеризующих объект исследования

##### 2.1. Теоретическая часть

Для социально-экономических явлений характерны сложность и многогранность. Каждый фактор отражает лишь какую-то одну сторону объекта или явления. Поэтому комплексная оценка требует использования системы факторов. Каждый фактор, с одной стороны, имеет самостоятельное значение, а с другой стороны, является составной частью обобщающей характеристики. При

построении обобщающей характеристики учитываются все существенные для данного объекта факторы.

К существенным факторам, оказывающим влияние на конкурентную борьбу, относят качество и различные потребительские свойства товара, включая его внешний вид, дизайн, эргономические показатели. Существенным фактором может оказаться цена. Многих покупателей привлекает не только сам товар, но и условия, в которых он продается, время которое нужно затратить, чтобы его купить, наличие полной информации о свойствах товара. При рассмотрении ассортиментного ряда существенную роль играет количество входящих в него продуктов. Очень сильное воздействие на мнение потребителей оказывают, как правило, имидж торговой марки и реклама.

При сравнении услуг должны рассматриваться цена, качество предоставляемой услуги, уровень обслуживания. В каждом конкретном случае качество может характеризоваться различными показателями.

Выявление факторов можно осуществить путем опроса потенциальных потребителей товаров или услуг, при помощи экспертов или на основании описанных в литературе исследований.

## *2.2.Задание: определить факторы, характеризующие объект исследования*

Основой для выбора существенных факторов будет служить опрос потенциальных потребителей, где респондент самостоятельно указывает те характеристики объекта, которые он учитывает при выборе указанного товара или услуги.

В качестве респондентов выступают студенты группы, которые:

- коллективно предлагают факторы, которые, по их мнению, влияют на выбор объекта исследования (товара, услуги, мероприятия);
- каждый из студентов отмечает те факторы, которые он считает наиболее важными.

Факторы, общее количество и долю респондентов, указавших конкретный фактор, необходимо внести в таблицу 1.

Таблица 1

Фактор	Количество респондентов, указавших фактор	Доля респондентов, указавших фактор, %	Включение фактора в дальнейшее исследование

Из всего перечня факторов для последующего исследования выбрать те, которые были указаны не менее 20 % респондентов. Чем больше общее число факторов с высокой повторяемостью, тем жестче должен быть отбор (выше %).

## *3. Описание выбранных факторов*

### *3.1.Теоретическая часть*

Каждому фактору соответствует статистический показатель. В некоторых случаях значение показателя объективно и может быть указано в прайс-листе, на

упаковке, в инструкции (цена, наличие добавок, размеры, проведение акций, наличие бонусов, калорийность, энергопотребление и т.п.). Для некоторых показателей значения определяются субъективно и определяется на основании ощущений и предпочтений. Это, как правило, показатели, определяющие качественные и социальные факторы. Оценки величины таких факторов могут быть получены в результате проведения экспертизы и требуют выбора или разработки шкалы.

### *3.2.Задание: определить характеристики факторов*

В таблицу 2 внести выбранные факторы и определить для каждого из них указанные возможные значения, объективность значений фактора, необходимость выбора или разработки шкалы, тип фактора.

Таблица 2 Характеристика значимых факторов

п/ п	Фактор	Возможные значения	Объективность значений фактора	Необходимость выбора или разработки шкалы	Тип фактора (стимулятор, дестимулятор)

Указать возможные значения показателей объективных факторов и использованный для их определения источник информации. Кроме того, значение цены при необходимости нужно пересчитать в расчете на одинаковый объем, массу и т.п. (рассматриваемые объекты имеют некоторые различия в массе, объеме, количестве штук в упаковке).

## *4. Оценка важности факторов*

### *4.1.Теоретическая часть*

Для оценки значимости факторов можно использовать различные формы экспертного оценивания.

Одним из самых простых, удобных и эффективных методов в этом случае является распределение определенной суммы баллов (чаще всего 1, 10, 100) между выделенными факторами.

Для определения важности факторов могут быть использованы различные подходы, например, прямое оценивание, при котором важность каждого фактора определяется изолированно от других. В этом случае для всех факторов целесообразно использовать шкалы с одинаковой максимальной и минимальной оценками (например, по 100-балльной или 10-балльной системе). В противном случае перед подсчетом весовых коэффициентов результирующие оценки по отдельным факторам придется нормировать.

### *4.2.Задание: определить значимость факторов*

Выбрать экспертов (или экспертные группы) из числа студентов.

Оценить важность факторов при помощи

а) метода постоянной суммы (сравнительная шкала);

б) метода непосредственного оценивания (детализированная несравнительная шкала).

Для оценивания сформулировать вопрос анкеты и разработать правила оценивания.

Экспертные оценки важности факторов внести в таблицу 3.

$a_{ij}$  - оценка значимости  $i$ - того фактора  $j$  - тым экспертом.

Для каждого фактора вычислить сумму экспертных оценок.

Таблица 3 Экспертное оценивание факторов

Свойства	Эксперты					Итого
	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	...	Эксперт m	

## 5. Проверка согласованности оценок экспертов

### 5.1. Теоретическая часть

После получения оценок экспертов, оценки необходимо проверить на согласованность. Для определения согласованности мнения экспертов используется коэффициент конкордации:

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^n D_i^2}{m^2(n^3 - n)},$$

где  $m$  – количество экспертов;  $n$  - число факторов;

$$D_i = \sum_{j=1}^m R_{ij} - \frac{m(n+1)}{2},$$

где  $R$  - ранг  $i$ - того фактора для  $j$ - го эксперта.

При наличии одинаковых значений (связок) формула принимает следующий вид:

$$W = \frac{12}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m T_j} \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^m \left( R_{ij} - \frac{n+1}{2} \right) \right)^2,$$

где  $T_j = \frac{\sum_{i=1}^{L_i} (k_i^2 - k_i)}{12}$ ,  $L_i$  - количество групп одинаковых значений (связок),  $k_i$  - количество элементов в  $i$ -той связке для  $j$ -того эксперта.



Значимость коэффициента конкордации проверяется при помощи критерия Пирсона. Для этого на основании эмпирических данных рассчитывается значение критерия Пирсона  $\chi^2_{расч}$ :

$$\chi^2_{расч} = m(n-1)W$$

Полученное расчетное значение сравнивается с критическим значением  $\chi^2_{крит}$ , найденным для выбранного уровня значимости и числа степеней свободы  $\nu = n-1$ . Если  $\chi^2_{расч} > \chi^2_{крит}(\alpha, \nu = n-1)$ , то коэффициент конкордации считается значимым и наличие связи подтверждается. В этом случае оценки экспертов считаются согласованными.

### 5.2.Задание: проверить согласованность экспертных оценок

Проранжировать оценки каждого эксперта. Рассчитать коэффициент конкордации и оценить его значимость при помощи критерия Пирсона  $\chi^2$ .

## 6. Определение весовых коэффициентов факторов

### 6.1.Теоретическая часть

Средний весовой коэффициент для каждого фактора можно определить как отношение суммы всех экспертных оценок данного фактора к общей сумме оценок

$$d_i = \frac{\sum_{j=1}^m a_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij}},$$

где  $m$  – число экспертов;  $n$  - количество факторов (показателей);

$a_{ij}$  - оценка значимости  $i$ - того фактора  $j$ - тым экспертом.

### 6.2.Задание: вычислить весовые коэффициенты факторов

Рассчитать весовые коэффициенты и внести их в таблицу 5. Трактовать полученные значения весовых коэффициентов.

Таблица 4 Характеристика значимых факторов

№ п/п	Фактор	Объективность значений фактора	Тип фактора (стимулятор, дестимулятор)	Весовой коэффициент
1				
2				

Результаты Лабораторной работы № 1 представить в виде электронного отчета, созданного в текстовом редакторе Microsoft Word.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

### Анализ характеристик объекта при помощи таблиц взаимосопряженности

**Цель работы:** ознакомление с методикой проведения анализа значимости характеристик объекта исследования при помощи таблиц взаимосопряженности

#### 1. Создание анкеты оценивания важности факторов

##### 1.1. Теоретическая часть

Сегмент рынка, на который ориентированы данные товары или услуги, существенно влияет, во-первых, на важность тех или иных факторов, характеризующих объект, а во-вторых, на оценку этих факторов потребителями.

Факторы, отобранные для оценивания объекта исследования, должны одинаково (позитивно или негативно) восприниматься всеми представителями целевого сегмента рынка. В противном случае фактор не может отражать качество объекта для всего целевого сегмента: тогда необходимо либо изъять фактор из совокупности факторов, либо сузить (разделить) целевую аудиторию.

Поэтому выявлению существенных факторов должно предшествовать определение рассматриваемого сегмента рынка и исследование отношения представителей целевого сегмента к предложенным факторам.

Окончательный отбор значимых факторов может быть произведен на основании анализа результатов опроса респондентов, например, анкетирования.

Все вопросы такой анкеты в зависимости от их содержания можно разделить на группы:

- 1) социально-демографические вопросы по определению данных, характеризующих респондента (потребителя);
- 2) вопросы, определяющие важность отобранных факторов;
- 3) вопросы, определяющие тип отобранных факторов.

Первая группа вопросов включает сведения о респонденте (потребителе), влияющие на его предпочтения: при рассмотрении потребительских товаров и услуг - это социально-демографические данные, при рассмотрении товаров промышленного назначения - это значимые характеристики предприятий-потребителей. Вопросы этой части анкеты должны касаться, главным образом тех сведений, которые влияют на выбор (например, если рассматривается услуги мобильной связи для молодежи, то нет смысла выяснять количество детей или членов семьи). Пример представлен на рисунке 1.

1. Ваше имя _____
2. Возраст _____
3. Семейное положение _____
4. Совокупный доход _____
5. Количество членов семьи _____
6. Количество детей 8-18 лет _____

Рисунок 1 Социально-демографические вопросы анкеты

Для второй группы вопросов – о важности тех или иных факторов для потребителей - может быть использована шкала Лайкерта (табл. 2) или двух или «Важно» - «Неважно» трехбалльная шкала «Важно» - «Не особенно важно» - «Неважно» либо составлена детализированная рейтинговая (балльная) шкала.

Таблица 1. Вопросы, направленные на определение существенных для потребителей факторов

	Абсолютно не согласен	Не согласен	Затрудняюсь ответить	Согласен	Полностью согласен
Освежающее действие – обязательное качество зубной пасты					
При покупке пасты я всегда обращаю внимание на цену					
....					

Вопросы, определяющие тип отобранных факторов, позволяют выяснить, является ли этот фактор стимулятором или дестимулятором. С этой точки зрения фактор может быть:

- однозначным: например, в любом случае, чем больше потребляемая мощность электроприбора, тем хуже;
- бессмысленным: например, больший размер диагонали планшета не делает его ни лучше, ни хуже, потребитель выбирает нужный именно ему. Такие факторы включаются в определение объекта (объект исследования – планшет с маленькой диагональю 6,7 – 7 дюймов);
- спорным: один и тот же фактор может в разных случаях для разных потребителей может быть позитивным, негативным и нейтральным. Например, жирность молочных продуктов для диетического питания, питания детей и пожилых людей – негативный фактор, а для остальных категорий – нейтральный или позитивный; холодильник небольшого размера с маленькой морозильной камерой – идеален для офиса, гостиницы, подходит для небольшой семьи, маленькой квартиры, и не годится для большой семьи. Продукты длительного хранения (они обычно содержат консерванты) не подходят для детского питания, но незаменимы в поездке, в турпоходе.

Спорный фактор не может быть включен в рассмотрение для представителей всего целевого сегмента. Нужно либо исключить фактор, либо выделить части сегмента, представители которых однозначно воспринимают этот фактор.

### *1.2.Задание: создание анкеты и анкетирование*

В качестве объекта исследования выбраны рестораны быстрого питания города Харькова.

Для выбранного объекта исследования определить:

- А. Целевой сегмент рынка. Если продукт предназначен для физических лиц, то определить важные социально-демографические показатели представителей целевого сегмента. В качестве социально-демографических факторов можно выбрать, например, выбрать: пол; доход (грн. в мес); статус (студент, служащий, рабочий, иногородний, др.)
- В. Факторы, характеризующие объекты. В качестве факторов, характеризующих объект исследования, предлагается выбрать:
- интерьер;
  - чистота;
  - средний чек;
  - наличие wi-fi;
  - ширина ассортимента;
  - скорость обслуживания;
  - наличие сан.узла.
  - количество столиков в зале.
- С. Важность выбранных факторов. Для этого:
- разработать шкалы для оценки важности факторов;
  - определить тип выбранных факторов (стимулятор – дестимулятор) и выявить факторы, тип которых требует специальной проверки;
  - разработать анкету для выявления мнения экспертов о важности факторов, характеризующих объект исследования;
  - провести анкетирование (студенты являются экспертами) и заполнить результирующую таблицу (табл.3).

Таблица 3. Результаты анкетирования

Социально-демографические признаки				Важность факторов								
№	Пол	Доход , грн в мес.	Статус	Интерье р	Чистот а	Средний чек	wi- fi	Ассортиме нт	Качество обслуживан ия	Скорость обслуживан ия	Наличие сан.узла	Количество столиков
1												
2												
...												

## 2. Оценка сравнительной важности факторов

### 2.1. Теоретическая часть

Простейший способ исследования результатов анкетирования – это вычисление описательных статистических характеристик с последующим их анализом.

Использование детализированных рейтинговых шкал позволяет получать количественные оценки важности факторов, а значит, использовать такие характеристики, как среднее, медиана, дисперсия и производные от них величины.

### 2.2. Задание: Рассчитать значения средних показателей важности факторов. Отранжировать их по степени важности.

Для оценок важности каждого фактора рассчитать описательные статистики с помощью пакета «Анализ данных» (Среднее, моду, медиану, дисперсию).

Построить интервальную оценку среднего значения оценки важности фактора. Рассчитать коэффициент вариации, как меру изменчивости анализируемых факторов. Результаты расчетов внести в таблицу 4.

Оценить надежность и точность оценки важности факторов на основании анализа интервальной оценки и значений коэффициента вариации.

Таблица 4. Описательные статистики

Название фактора	Среднее	Мода	Медиана	Коэффициент вариации $v = \frac{\sigma}{\bar{x}} * 100$	Интервальная оценка (P=95%)

По значениям среднего и медианы расставить факторы в порядке убывания важности. Результаты свести в таблицу 5. Сравнить полученные ранжировки.

Таблица 5. Ранжирование факторов

Название фактора	Среднее	Ранг по среднему	Медиана	Ранг по медиане

## 3. Построение таблиц взаимосопряженности в Microsoft Excel.

### 3.1. Теоретическая часть

Инструментом исследования взаимосвязи могут служить таблицы сопряженности. Таблицу сопряженности в Microsoft Excel можно построить как сводную таблицу.

Для создания сводной таблицы в Microsoft Excel перейдите на вкладку Вставка, где в группе Таблицы выберите команду Сводная таблица (рис.1).

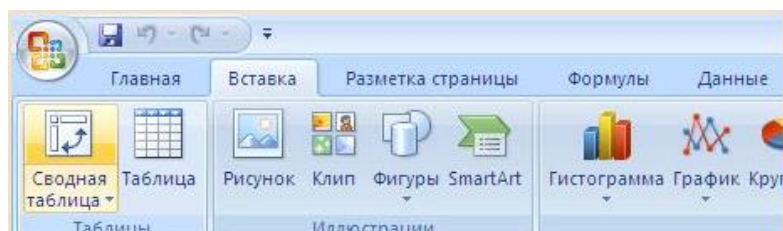


Рис.1. Рабочее окно Microsoft Excel (вкладка Вставка)

Откроется следующее диалоговое окно (рис.2):

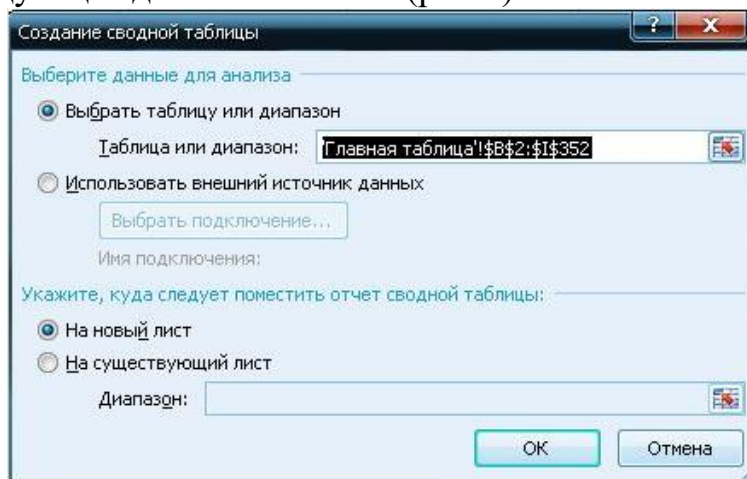


Рис.2. Диалоговое окно «Создание сводной таблицы»

В этом окне Excel предлагает указать исходную таблицу или диапазон значений, на основании которых будет строиться сводная таблица. Если выполнить команду Сводная таблица, предварительно установив курсор на листе, где находятся любые данные, Excel автоматически заполнит это поле. Если же на листе данные отсутствуют, необходимо будет указать адрес диапазона данных вручную (первая строка указанного диапазона не должна быть пустой - в этом случае Excel сообщит об ошибке).

Помимо выбора исходной таблицы Excel предоставляет возможность использовать в качестве источника данных базы данных и таблицы, созданные в других программах (Access, SQL Server и других).

Последняя опция, которую нужно установить в этом окне - выбрать место расположения сводной таблицы: в новом окне или на этом же листе. В последнем случае нужно указать диапазон адресов, где будет располагаться сводная таблица.

Нажав кнопку **Ок** после настройки нужных условий, получаем следующий рабочий лист (рис.3).

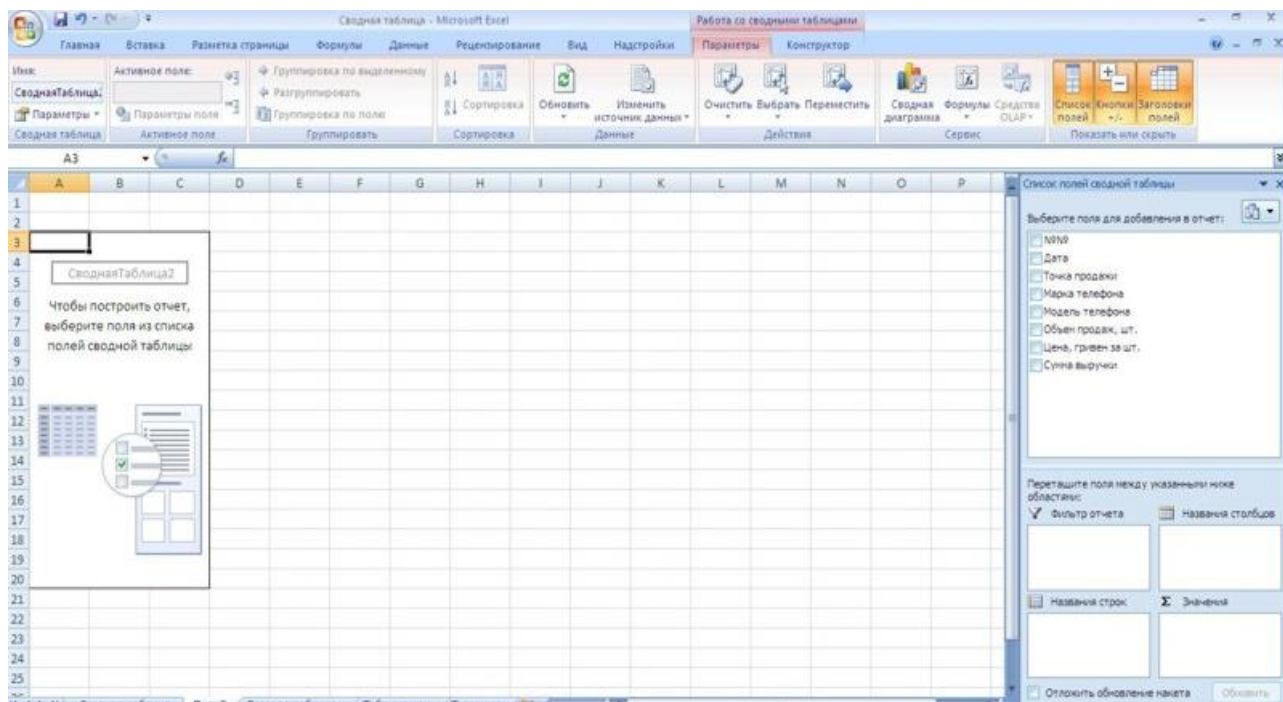


Рис.3. Рабочее окно сводной таблицы

В левой части находится область размещения сводной таблицы. Справа - окно настройки сводной таблицы под названием "Список полей сводной таблицы". Если Вы случайно закрыли это окно, достаточно кликнуть по области размещения - и окно настройки снова откроется.

В верхней части окна настроек необходимо отметить названия тех двух показателей, для которых необходимо построить сводную таблицу. Excel распределяет данные из отмеченных столбцов по областям действий, которые находятся в нижней части окна настроек.

При необходимости можно скорректировать, какой из показателей является столбцовой переменной, а какой - строковой и перетащить их мышью в соответствующие поля.

Одну из переменных необходимо перетащить в поле «Значения».

Следует отметить, что в области "Значения" указывается функция, которая будет выполняться в ячейках пересечения таблицы. По умолчанию указывается функция суммирования. Чтобы изменить тип вычислений, надо в области "Значения" щелкнуть левой кнопкой мыши по выпадающему списку поля "Сумма по полю «XXX»" и в открывшемся меню выбрать команду "Параметры полей значений", затем в окне диалога "Параметры поля значений" выбрать требуемую функцию (в данном случае, Количество) и щелкнуть на кнопке ОК.

Если добавить показатель в поле Фильтр, то в этом случае Excel добавляет на рабочий лист фильтр, то есть условие для отбора данных.

Для изменения структуры сводной таблицы надо в правой части листа перетащить поля в другую область сводной таблицы или удалить. Необходимо отметить, что для удаления поля надо перетащить его за пределы таблицы.



### 3.2.Задание: Построить таблицы взаимосопряженности в Microsoft Excel для социально-демографических и исследуемых факторов.

Построить таблицы сопряженности для каждой пары «социально – демографический показатель – фактор объекта».

## 4. Оценка взаимосвязи факторов и социально-демографических показателей

### 4.1.Теоретическая часть

Таблицы взаимосопряженности являются универсальным инструментом для анализа взаимосвязи показателей и позволяют оценивать существенность и тесноту связи для любых типов данных.

Оценить существенность связи показателей, представленных в таблице взаимосопряженности, можно при помощи критерия Пирсона

$$\chi^2 = n \left\{ \sum \frac{n_{xy}^2}{n_x n_y} - 1 \right\},$$

где  $n_{xy}$  - частота в конкретной ячейке,  $n_x, n_y$  - суммы частот в соответствующей строке и столбце,  $n$  - общее количество наблюдений.

Критическое значение  $\chi_{крит}^2$  можно рассчитать при помощи встроенной функции ХИ2ОБР() для выбранного уровня значимости (обычно 0,05) и числа степеней свободы  $k = (k_1 - 1)(k_2 - 1)$ .

Теснота связи определяется на основании одного из коэффициентов взаимной сопряженности:

- коэффициент взаимной сопряженности Пирсона  $G = \sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2 + n}}$ ;
- коэффициент взаимной сопряженности Чупрова  $C = \sqrt{\frac{\chi^2}{n \sqrt{(k_1 - 1)(k_2 - 1)}}$

### 4.2.Задание: оценить наличие, существенность и тесноту связи социально-демографических показателей и факторов, определяющих объект.

Для каждой пары «социально-демографический показатель - фактор объекта»:

- определить существенность связи при помощи критерия Пирсона  $\chi^2$ ;
- тесноту связи при помощи одного из коэффициентов взаимной сопряженности.

В таблицу 6 внести оценки существенности связи на уровне значимости 0,05 (+/-) и значение коэффициента взаимосопряженности.

Таблица 6. Оценка взаимосвязи социально-демографических показателей и факторов, определяющих объект

Факторы объекта	Социально-демографические признаки			
	П1	П2	...	
Ф1				
Ф2				
...				

На основании полученных результатов принять решение о целесообразности использования фактора в дальнейшем исследовании и обосновать его.

При наличии факторов, тип которых является спорным, провести аналогичное исследование для выяснения однородности мнения представителей разных социально-демографических групп выбранного сегмента к исследуемым факторам.

Составить окончательный список факторов с указанием их типов.

Результаты Лабораторной работы № 2 представить в виде электронного отчета, созданного в текстовом редакторе Microsoft Word, расчеты – в табличном редакторе Microsoft Excel.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

### Экспертное оценивание альтернатив

**Цель работы:** приобретение навыков экспертного оценивания альтернатив

#### 1. Определение объекта исследования

##### 1.1. Описание предметной области

Успешность обучения студента в университете зависит от множества объективных и субъективных причин (факторов). Набор и относительная важность этих факторов для каждого конкретного студента различна, однако, в общем, можно выделить самые значимые и оценить степень их значимости.

Таким образом, оцениваемыми альтернативами являются факторы, влияющие на успешность обучения студентов в университете.

Предлагается предварительный набор факторов (характеристик):

- 1) Эрудиция и общая подготовка.
- 2) Мотивированность.
- 3) Трудолюбие и самодисциплина.
- 4) Умение адаптироваться.
- 5) Целеустремленность (напористость).
- 6) Материальная обеспеченность.
- 7) Любознательность и стремление к знаниям.
- 8) Способность к усвоению новых знаний.
- 9) Доброжелательность.

1.2.Задание: окончательно определить набор из 5-7 факторов, влияющих на успешность обучения

#### 2. Оценивание при помощи метода парных сравнений

##### 2.1. Теоретическая часть

Метод парных сравнений основан на попарном сравнении всех возможных альтернатив. Для каждой пары альтернатив эксперт указывает, какая из альтернатив предпочтительнее (лучше, важнее и т.д.). По результатам оценивания предпочтений экспертом заполняются матрицы парных сравнений размером  $n \times n$ , где  $n$  – количество сравниваемых объектов. Общий вид матрицы парных сравнений представлен на рисунке 1.

Объекты	1	2	...	j	...	n	$\Sigma$
1							
2							
...							
i							
...							
n							

Рисунок 1 - Общий вид матрицы парных сравнений

При сравнении каждой пары объектов возможны отношения либо порядка, либо эквивалентности

Наиболее часто в практике экспертного оценивания используют следующие числовые представления предпочтений (шкалы):

Таблица 1 Числовые представления предпочтений

Эмпирическое представление	Числовое представление 1		Числовое представление 2		Числовое представление 3		Числовое представление 4	
	Объект 1	Объект 2	Объект 1	Объект 2	Объект 1	Объект 2	Объект 1	Объект 2
Объект 1 > Объект 2	2	0	1	-1	1	0	1	0
Объект 1 = Объект 2	1	1	0	0	0,5	0,5	-	-

Для количественной оценки предпочтений может быть использован:

- метод постоянной суммы, при котором эксперт распределяет фиксированное количество баллов (обычно 1 балл) между двумя альтернативами;
- шкала относительной важности (метод Саати) (табл. 2).

Таблица 2 Шкала относительной важности

Относительная важность	Уровень важности	Объяснение
1	Равная важность	Элементы вносят одинаковый вклад
3	Слабое превосходство	Опыт и суждения дают легкое предпочтение одного элемента над другим
5	Существенное превосходство	Опыт и суждения дают сильное предпочтение одного элемента над другим
7	Значительное превосходство	Превосходство одного элемента над другим очень сильно. Его превосходство практически явно.
9	Абсолютное превосходство	Свидетельства о превосходстве одного элемента над другим в высшей степени убедительны
2,4,6,8	Промежуточные значения	Ситуации, когда нужны компромиссные решения

Если объект A1 превосходит объект A2, то в ячейку (строка A/столбец A2) заносится целое число, а в ячейку (строка A2/столбец A1) заносится обратное к нему число (рис.2).

	$A_1$	$A_2$	$A_3$
$A_1$	1	$a_{12}$	$a_{13}$
$A_2$	$\frac{1}{a_{12}}$	1	$a_{23}$
$A_3$	$\frac{1}{a_{13}}$	$\frac{1}{a_{23}}$	1

Рис. 2 Матрица парных сравнений

Полученная матрица парных сравнений – обратно симметричная. Диагональ ее состоит из единиц.

### 2.2. Задание: составление матриц попарных сравнений

Провести попарное сравнение выбранных факторов и заполнить три матрицы попарных сравнений с применением:

- ✓ одной из шкал, предложенных в табл. 1;
- ✓ распределения 1 балла между двумя альтернативами;
- ✓ шкалы относительной важности (табл. 2).

## 3. Оценивание при помощи метода ранжирования

### 3.1. Теоретическая часть

Ранжирование – это расположение объектов в порядке возрастания или убывания какого-либо присущего им свойства. На основе своих знаний и опыта эксперт располагает объекты в порядке предпочтения, руководствуясь одним или несколькими показателями сравнения. Результатом проведения ранжирования является упорядоченный ряд (ранжировка).

### 3.2. Задание: провести ранжирование факторов в порядке уменьшения их значимости

## 4. Оценивание при помощи метода непосредственной оценки и метода последовательных сравнений

### 4.1. Теоретическая часть

При использовании метода непосредственной оценки эксперт присваивает каждому из анализируемых объектов определенную оценку (балл) в зависимости от выраженности у объекта анализируемой характеристики.

Обычно для оценивания используют дискретные (1, 5, 10, 100 – балльные и др.) шкалы, в которых фиксируются промежуточные значения. Кроме того, непосредственная оценка может производиться при помощи порядковых шкал с вербальными описаниями значений шкал: шкала Лайкерта, шкала Стэпела, семантический дифференциал).

Результатом непосредственного оценивания является совокупность балльных оценок конкурирующих альтернатив.

Одна из возможных модификаций метода состоит в корректировке путем сравнения альтернатив со всеми возможными парами следующих за ней

альтернатив. В случае необходимости оценка проверяемой альтернативы корректируется.

#### *4.2. Задание: непосредственное оценивание факторов*

Разработать балльную шкалу для оценивания альтернатив. Провести оценивание выбранных факторов. Провести корректировку путем последовательных сравнений.

### *5. Проверка согласованности и непротиворечивости оценок в матрицах попарных сравнений*

#### *5.1. Теоретическая часть*

При заполнении матрицы парных сравнений эксперт мог допустить ошибки (противоречия), которые заключаются в нарушении транзитивности.

Для выявления подобных ошибок производится проверка экспертных оценок на согласованность и непротиворечивость.

Проверка осуществляется на основании расчета и анализа отношения согласованности  $ОС = ИС / СлС$ . Если отношение согласованности превышает 0,2, то делается вывод о возможной несогласованности матрицы и необходимости уточнения матрицы парных сравнений.

Для вычисления отношения согласованности необходимо:

рассчитать индекс согласованности  $ИС = (L - N) / (N - 1)$ , где  $N = 4$  – количество альтернатив,  $L$  – сумма произведений сумм столбцов матрицы на веса альтернатив; определить величину случайной согласованности СлС (табл. 5.)

Таблица 3 Величины случайной согласованности

Размерность матрицы	3	4	5	6	7	8	9	10
СлС	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

#### *5.2. Проверить согласованность сформированных матриц попарных сравнений*

Для матрицы попарных сравнений, полученной по методу Саати провести проверку согласованности оценок. В случае выявления несогласованности выявить несогласованные оценки и уточнить их при помощи транзитивного замыкания. В процессе проверки студенты работают по парам: один выступает в качестве эксперта, а второй вычисляет рекомендуемую оценку на основе транзитивного замыкания и в случае необходимости дает эксперту рекомендации об уточнении предыдущей или текущих оценок.

### *6. Обработка результатов оценивания*

#### *6.1. Теоретическая часть*

Важнейшими задачами экспертного исследования являются: выбор лучшей альтернативы среди имеющихся и определение сравнительной предпочтительности сравниваемых альтернатив.

А. Если экспертиза проводилась методом ранжирования, то альтернативы изначально расположены в порядке возрастания или убывания. Ранжировка, представленная отдельным экспертом, не требует дополнительной обработки.

В. Если для экспертного оценивания использовалось непосредственное оценивание, то полученные оценки можно трактовать как цену альтернатив. Анализ цен альтернатив позволяет:

- ранжировать альтернативы с точки зрения их значимости, важности, предпочтительности;
- нормировать цены альтернатив для вычисления весов альтернатив – их относительной значимости (важности, предпочтительности).

Нормирование может быть произведено по формуле:

$$q_i = \frac{Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i},$$

где  $q_i$  - вес (нормированная оценка)  $i$  - той альтернативы;  $Q_i$  - цена (экспертная оценка)  $i$  - той альтернативы;  $n$  - число альтернатив.

С. Если экспертное оценивание проводилось методом попарного сравнения, то для вычисления цен и весов альтернатив необходимо произвести определенные преобразования.

Для любой матрицы парного сравнения путем сложения по строкам матрицы может быть определена цена каждой альтернативы. Веса альтернатив рассчитываются путем их нормирования - деления на сумму цен альтернатив.

$$Q_i = \sum_{j=1}^n Z_{ij}; \quad q_i = \frac{Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i},$$

где  $Z_{ij}$  - элемент матрицы парных сравнений;  $q_i$  - вес (нормированная оценка)  $i$  - той альтернативы;  $Q_i$  - цена (экспертная оценка)  $i$  - той альтернативы;  $n$  - число альтернатив.

Если экспертное оценивание осуществлено в соответствии с алгоритмом Саати, то для каждой пары альтернатив эксперт указывает, в какой степени одна из них предпочтительнее другой. Для такой матрицы сравнений цены альтернатив можно вычислять более корректным способом - как средние геометрические строк матрицы:

$$Q_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n Z_{ij}}.$$

Веса альтернатив находятся по-прежнему путем нормирования цен альтернатив – цена альтернативы делится на сумму цен альтернатив:

$$q_i = \frac{Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}.$$

6.2.Задание: провести обработку и сравнительный анализ результатов экспертного оценивания.

1. Провести нормирование и ранжирование результатов непосредственного оценивания.
2. Провести обработку результатов парного сравнения – по каждой матрице сравнений получить ранжирование альтернатив и их нормированные оценки.
3. Сравнить результаты экспертиз, полученные с использованием разных методов.

Таблица 4 Результаты оценивания

Метод	Вид оценки	Альтернативы				
		A1	A2	A3	..	A n
Ранжирование	ранг					
Непосредственное оценивание	ранг					
	вес					
Попарное сравнение 1	ранг					
	вес					
Попарное сравнение распределением 1 балла	ранг					
	вес					
Попарное сравнение по методу Саати	ранг					
	вес					

4. Заполнить таблицу 4.
5. Выяснить, различаются ли результаты различных способов попарного сравнения.
6. Выяснить, различаются ли результаты различных методов экспертного сравнения.
7. Дать субъективные (свои) оценки сложности, объективности и точности использованных методов экспертного оценивания.

Результаты Лабораторной работы № 2 представить в виде электронного отчета, созданного в текстовом редакторе Microsoft Word, расчеты – в табличном редакторе Microsoft Excel.



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

### Проверка компетентности и согласованности мнений экспертов

**Цель работы:** приобретение навыков проведения проверки компетентности экспертов и согласованности их мнений.

#### 1. Оценивание компетентности экспертов.

##### 1.1. Теоретическая часть

Как правило, эксперты, привлекаемые к экспертизе, различаются по теоретической подготовке, практическому опыту, знаниям в смежных областях, точке зрения на проблему, ангажированности и пр.

Если уровень компетентности экспертов различается, то при формировании обобщенной экспертной оценки для получения надежных результатов экспертного оценивания желательно учитывать уровень компетентности каждого эксперта. Существует целый ряд метод оценки компетентности экспертов.

А. Определение коэффициента компетентности на основании самооценки эксперта

Один из подходов к оценке компетентности экспертов базируется на расчете показателя компетентности  $j$ -того эксперта  $R_j$  как функции результатов самооценки эксперта:

$$R_j = (0,1 \cdot R_u + R_a)/2$$

где  $R_u$  и  $R_a$  — коэффициенты информированности и аргументированности эксперта по решаемой проблеме (табл. 1,2).

Таблица 1 Коэффициент информированности

Информированность эксперта	Оценка информированности
Эксперт совсем не знает проблемы	0
Эксперт поверхностно знаком с проблемой, но она находится вне круга его основных интересов	1-3
Эксперт знаком с проблемой, но не принимал непосредственное участие в ее решении	4-6
Эксперт знаком с проблемой и принимал непосредственное участие в ее решении	7-9
Эксперт отлично знает проблему	10

Коэффициент аргументированности определяется как сумма баллов по отметкам эксперта в следующей таблице (табл. 2):

Таблица 2 Коэффициент аргументированности

Источники аргументаций	Степень влияния источника на ваше мнение		
	высокая	средняя	низкая
Проведенный вами теоретический анализ	0,3	0,2	0,1
Ваш производственный опыт	0,5	0,4	0,2
Обобщение работ зарубежных авторов	0,05	0,05	0,05
Ваше личное знакомство с состоянием дел за рубежом	0,05	0,05	0,05
Ваша интуиция	0,05	0,05	0,05

Полученные оценки компетентности нужно нормировать, т.е. рассчитать относительный коэффициент компетентности каждого ( $j$ -того) эксперта:

$$Z_j = R_j / \sum R_j, j = 1, m.$$

В. Определение коэффициента компетентности эксперта на основании взаимного оценивания

Оценивание относительных коэффициентов компетентности экспертов может быть осуществлено на основании результатов выяснения мнения потенциальных экспертов о составе экспертной группы.

Суть методики сводится к тому, что потенциальным экспертам предлагается составить список будущей экспертной группы. Если в этом списке появляются лица, не вошедшие в исходный список, им тоже предлагается назвать претендентов для участия в экспертизе. После нескольких этапов будет получен достаточно полный список кандидатов в группу.

По результатам опроса составляется матрица, по строкам и столбцам которой записываются фамилии экспертов, а ее элементами являются переменные

$$x_{ji} = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-ый эксперт назвал } i\text{-ого} \\ 0, & \text{если } j\text{-ый эксперт не назвал } i\text{-ого} \end{cases}$$

При этом эксперт может включать или не включать себя в экспертную группу (то есть  $x_{ji}=0$  или  $x_{ji}=1$ ). По данной таблице можно вычислить относительные коэффициенты компетентности, используя алгоритм решения задач о лидере.

Относительные коэффициенты компетентности  $h$ -порядка для каждого эксперта

$$k_i^h = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij} k_j^{h-1}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_{ij} k_j^{h-1}} \quad (i = 1, m; \quad h = 1, 2, K),$$

где  $m$  - число экспертов в списке (размерность матрицы  $\|x_{ij}\|$ ),  $h$  - номер порядка коэффициента компетентности. Коэффициенты компетентности нормированы так, что их сумма равна единице:

$$\sum_{i=1}^m k_i^h = 1 \quad (h = 1, 2, K)$$

Можно вычислить значение компетентности различных порядков, начиная с первого. При  $h=1$  выражение будет иметь вид:

$$k_i^1 = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_{ij}} \quad (i = 1, m; \quad h = 1)$$

Смысл этой формулы в том, что подсчитывается число голосов, поданных за  $i$ -го эксперта, и делится на общее число голосов, поданных за всех экспертов. Таким образом, коэффициент компетентности первого порядка - это относительное число экспертов, высказавшихся за включение  $i$ -го эксперта в группу.

Относительный коэффициент компетентности второго порядка получают для  $h=2$  при условии, что коэффициенты компетентности первого порядка  $k_i^1$  уже известны:

$$k_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij} k_j^1}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_{ij} k_j^1} \quad (i = 1, 2, K, m; \quad h = 2)$$

Коэффициенты второго порядка представляют собой относительное количество голосов, взвешенных по коэффициентам компетентности первого порядка.

Последовательно вычисляя относительные коэффициенты компетентности более высокого порядка, можно убедиться, что процесс быстро сходится после 3-4 вычислений, то есть значения относительных коэффициентов быстро стабилизируются. В общем случае коэффициенты относительной компетентности определяются как:

$$k_i = \lim_{h \rightarrow \infty} k_i^h; \quad \sum_{i=1}^m k_i = 1$$

1.2.Задание: оценить компетентность экспертов, используя методы самооценки и метод взаимного оценивания (в качестве экспертов выступают студенты группы).

Цель экспертизы – выработка рекомендаций по обеспечению полноценного питания при ограниченном бюджете для студентов. Необходимо сформировать экспертную группу из числа студентов группы. Для этого проводится оценка компетентности их в указанной области. Необходимо провести оценивание путем самооценки и взаимной оценки, вычислить относительные коэффициенты компетентности и сравнить результаты.

## 2. Оценивание компетентности экспертов на основе учета апостериорных данных

### 2.1.Теоретическая часть

Коэффициенты компетентности экспертов можно вычислить по апостериорным данным, то есть после оценивания объектов. Основной идеей этого метода является предположение о том, что компетентность эксперта должна оцениваться по степени близости его оценок к обобщенной оценке объектов.

Пусть имеются результаты коллективного оценивания альтернатив. Алгоритм вычисления коллективных оценок и коэффициентов компетентности экспертов для этого случая является рекуррентным и имеет вид:

а) начальные значения коэффициентов компетентности (при  $t=0$ ) для всех экспертов принимаются равными

$$k_j^0 = \frac{1}{m} (j = 1, 2, K, m);$$

б) рекуррентные соотношения для  $t = 1, 2, 3, K$  рассчитываются по алгоритму, представленному в таблице 5.

Таблица 5 Алгоритм вычисления коэффициентов компетентности экспертов

Шаг алгоритма	Наименование показателя	Расчетная формула
1	Групповая оценка для $i$ -того объекта на $t$ -том шаге на основе индивидуальных оценок $x_{ij}$	$x_i^t = \sum_{j=1}^m x_{ij} k_j^{t-1} \quad (i = 1, 2, K, n)$
2	Нормировочный коэффициент	$\lambda^t = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} x_i^t$
3	Коэффициенты компетентности $j$ -того эксперта на $t$ -том шаге	$k_j^t = \frac{1}{\lambda^t} \sum_{i=1}^n x_{ij} x_i^t \quad (j = 1, 2, K, m)$

в) признак окончания итерационного процесса

$$\max(|x_i^t - x_i^{t-1}|) < \varepsilon$$

## 2.2. Задание: оценить компетентность экспертов на основе апостериорных данных

Цель экспертизы – сравнительная оценка сложности изучаемых предметов. При определении обобщенной оценки сложности учесть компетентность экспертов, рассчитанную на основании результатов экспертизы.

В процессе выполнения задания необходимо:

- сформировать группу экспертов (3-5 экспертов) из числа студентов (каждая бригада, выполняющая лабораторную работу, может выступать в качестве эксперта);
- составить список альтернатив - сравниваемых объектов (3-6). В качестве альтернатив выбрать дисциплины прошлого семестра и оценивать их сложность;
- выбрать метод оценивания и разработать шкалу для оценивания сложности;
- провести оценивание сложности каждого предмета каждым экспертом;
- рассчитать обобщенные оценки относительной сложности и относительные коэффициенты компетентности экспертов. Задать точность вычисления  $E=0,01$ .
- сделать выводы и интерпретировать полученные результаты.

## 3. Оценка согласованности мнений экспертов

### 3.1. Теоретическая часть

Все методы получения обобщённых оценок позволяют получить надежные достоверные результаты только в случае хорошо подобранной группы экспертов и согласованности их мнений. Если это не так, то встает задача проверки степени согласованности экспертов. Получение количественной меры позволяет более обоснованно интерпретировать причины в расхождении мнений.

Если результатом экспертного исследования является ранжировка альтернатив или совокупность оценок альтернатив, которая может быть преобразована в ранжировку, то для оценки близости (согласованности) оценок двух или нескольких экспертов могут быть использованы непараметрические методы оценки взаимосвязи. Для оценки меры согласованности мнений группы экспертов используют коэффициент конкордации. Кроме этого, при обработке результатов ранжирования могут возникать задачи определения зависимости между оценками двух экспертов, для решения которых могут использоваться коэффициенты ранговой корреляции Спирмена или Кендалла.

Допустим, что по результатам оценивания  $j$ -того эксперта получена ранжировка  $x_{1j}, x_{2j}, x_{3j}, \dots, x_{nj}$ . Тогда результатом оценивания  $n$  объектов  $m$  экспертами является матрица  $n \times m$ .

Для определения средней согласованности мнения экспертов может быть использован коэффициент конкордации:

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^n D_i^2}{m^2(n^3 - n)},$$

где  $m$  – количество экспертов;  $n$  – число альтернатив;

$$D_i = \sum_{j=1}^m R_{ij} - \frac{m(n+1)}{2}, S = \sum_{i=1}^n D_i^2$$

где  $R$  – ранг  $i$  – того фактора для  $j$  – го эксперта.

При наличии одинаковых значений (связок) формула принимает следующий вид:

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m T_j},$$

где  $T_j = \sum_{k=1}^{L_j} (h_k^3 - h_k)$ ,  $L_j$  – число групп повторяющихся значений (связок),  $h_k$  – количество элементов в  $k$  –той связке для  $j$  –того эксперта.

Коэффициент конкордации принимает значения в диапазоне от 0 до 1. Его равенство единице означает, что все эксперты присвоили объектам одинаковые ранги. Чем ближе значение коэффициента к нулю, тем менее согласованными являются оценки экспертов.

При малом числе альтернатив ( $2 \leq m \leq 20$ ,  $3 \leq n \leq 7$ ) степень согласованности

$$S = \sum_{i=1}^n D_i^2$$

можно также проверять по специальным таблицам по значению (рис 1). Если расчетное значение превышает критическое (табличное), то наличие связи между оценками подтверждается, а оценки экспертов считаются согласованными.

Проверка статистической значимости выборочного значения  
коэффициента конкордации  $\hat{W}(m)$   
Критические значения  $S$  при уровне значимости  $\alpha = 0,05$

$m$	$n$					Дополнительные значения для $n = 3$	
	3	4	5	6	7	$m$	$S$
3			64,4	103,9	157,3	9	54,0
4		49,5	88,4	143,3	217,0	12	71,9
5		62,6	112,3	182,4	276,2	14	83,8
6		75,7	136,1	221,4	335,2	16	95,8
8	48,1	101,7	183,7	299,0	453,1	18	107,7
10	60,0	127,8	231,2	376,7	571,0		
15	89,8	192,9	349,8	570,5	864,9		
20	119,7	258,0	468,5	764,4	1158,7		

Рис.1 Критические значения  $S$  при уровне значимости 0,05

Для случая  $n > 7$  значимость коэффициента конкордации проверяется при помощи критерия Пирсона. Для этого на основании эмпирических данных рассчитывается значение критерия Пирсона  $\chi^2_{расч}$ :

$$\chi^2_{расч} = m(n-1)W$$

Полученное расчетное значение сравнивается с критическим значением  $\chi^2_{крит}$ , найденным для выбранного уровня значимости и числа степеней свободы  $\nu = n - 1$ . Если  $\chi^2_{расч} > \chi^2_{крит}(\alpha, \nu = n - 1)$ , то коэффициент конкордации считается значимым и наличие связи подтверждается. В этом случае оценки экспертов считаются согласованными.

Если нет возможности (или необходимости – например, предварительные исследования) использовать для проверки указанные распределения, то принимают критическое значение коэффициента конкордации равным  $W = 0,5$ . Тогда при  $W > 0,5$  выводы экспертов согласованы в большей мере (сходятся в оценке событий), чем несогласованы. При  $W < 0,5$  оценки нельзя считать в достаточной степени согласованными.

### *3.2. Проверить согласованность мнений экспертов, рассчитав коэффициент конкордации:*

- в качестве исходных данных взять первоначальные экспертные оценки из предыдущего задания;
- ранжировать экспертные оценки каждого эксперта и составить матрицу экспертных оценок;
- рассчитать коэффициент конкордации и проверить согласованность экспертных оценок;
- если оценки не согласованы, выявить причину несогласованности, ликвидировать ее и снова проверить согласованность оценок;
- сделать выводы и интерпретировать полученные результаты.

Результаты Лабораторной работы № 4 представить в виде электронного отчета, созданного в текстовом редакторе Microsoft Word, расчеты – в табличном редакторе Microsoft Excel.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

### Многокритериальное оценивание альтернатив

**Цель работы:** приобретение навыков решения задач многокритериального выбора

При разработке управленческих решений важно правильно оценить сложившуюся ситуацию и альтернативные варианты решений с целью выбора наиболее эффективного решения, соответствующего целям организации и ЛПР.

В большинстве практических задач альтернативы оцениваются не по одному, а по нескольким критериям. Так, при экономической оценке проекта критериями служат экономическая эффективность, стоимость, реализуемость; при покупке оборудования – стоимость, надежность, производительность и т.д. При оценке конкурентоспособности число таких критериев может доходить до ста и более.

Наличие нескольких критериев делает задачу многокритериальной.

Теоретические материалы, необходимые для выполнения лабораторной работы изложены в лекции «Многокритериальное оценивание».

Результаты Лабораторной работы № 5 необходимо представить в виде электронного отчета, созданного в текстовом редакторе Microsoft Word, расчеты – в табличном редакторе Microsoft Excel.

#### ЗАДАНИЯ:

##### Вариант 1

С целью размещения рекламы на телевидении анализируются десять каналов. Оценка каждого канала осуществлялась по трем критериям: цена размещения, популярность канала и соответствие аудитории рекламному товару. Результаты оценивания по десятибалльной шкале (10 – наилучшее значение критерия; 1-наихудшее значения критерия) представлены в табл.1.

Таблица 1. Оценка альтернатив

Каналы	Критерии		
	Цена	Популярность	Соответствие аудитории
1	9	3	5
2	3	7	6
3	8	2	4
4	5	5	7
5	9	4	3
6	8	4	5
7	7	5	5
8	4	6	6
9	5	7	4
10	7	3	7



1. Осуществить лексикографическое упорядочивание критериев и определить наиболее привлекательную альтернативу. Считаем, что порядок важности критериев (по убыванию): цена, популярность, соответствие аудитории.
2. Определить наиболее привлекательную альтернативу методом главного критерия. Наиболее значимый критерий – популярность канала. При этом цена размещения рекламы не должна иметь балл меньше 4.
3. Определить множество альтернатив оптимальных по Парето.
4. Матрица парных сравнений критериев имеет вид:

$$\begin{pmatrix} 1 & 5 & 3 \\ 1/5 & 1 & 2 \\ 1/3 & 1/2 & 1 \end{pmatrix}$$

- проверить согласованности матрицы;
  - определить веса критериев.
5. Из множества оптимальных альтернатив Парето осуществить отбор наиболее предпочтительной альтернативы. Для этого рассчитать интегральный критерий, используя:
    - линейную аддитивную свертку;
    - минимаксную свертку;
    - мультипликативную свертку.
  6. Используя метод идеальной точки определить наилучшую альтернативу:
    - с весами, рассчитанными ранее;
    - считая веса одинаковыми.

Результаты отбора наилучшей альтернативы по всем критериям свести в таблицу. Сделать выводы.

## Вариант 2

В рамках экономического факультета технического вуза решается вопрос об открытии новой специальности. Оценка каждой специальности осуществлялась по четырем критериям: профессорско-преподавательский состав, методическая обеспеченность, материально-техническая база университета, популярность специальности. Результаты оценивания по десятибалльной шкале (10 – наилучшее значение критерия; 1- наихудшее значения критерия) представлены в табл.2.

Таблица 2. Оценка альтернатив

Специальности	Критерии			
	Проф.-преп. состав	Метод. обеспеченность	Мат.-техн. база	Популярность специальности
Экономика предприятия	9	5	5	7
Логистика	6	6	9	4
Коммерческая деятельность	8	3	7	4
Банковское дело	5	4	3	8
Бухг. учет и аудит	5	7	7	6
Туристический менеджмент	7	4	3	7
Финансовый менеджмент	9	6	6	8
Международные отношения	3	5	6	9

1. Осуществить лексикографическое упорядочивание критериев и определить наиболее привлекательную альтернативу. Считаем, что порядок важности критериев (по убыванию): профессорско-преподавательский состав, популярность специальности, материально-техническая база, методическая обеспеченность.
2. Определить наиболее привлекательную альтернативу методом главного критерия. Наиболее значимый критерий – материально-техническая база. При этом популярность специальности не должна иметь балл меньший 5.
3. Определить множество альтернатив оптимальных по Парето.
4. Матрица парных сравнений критериев имеет вид:

$$\begin{pmatrix} 1 & 6 & 4 & 1 \\ 1/6 & 1 & 3 & 1/5 \\ 1/4 & 1/3 & 1 & 1/4 \\ 1 & 5 & 4 & 1 \end{pmatrix}$$

- проверить согласованности матрицы;
  - определить веса критериев.
5. Из множества оптимальных альтернатив Парето осуществить отбор наиболее предпочтительной альтернативы. Для этого рассчитать интегральный критерий, используя:
    - линейную аддитивную свертку;
    - минимаксную свертку;
    - мультипликативную свертку.
  6. Используя метод идеальной точки определить наилучшую альтернативу:
    - с весами, рассчитанными ранее;
    - считая веса одинаковыми.

Результаты отбора наилучшей альтернативы по всем критериям свести в таблицу. Сделать выводы.

### Вариант 3

С целью выбора объекта для инвестирования анализируются семь объектов. Оценка каждого объекта осуществлялась по четырем критериям: доходность, ликвидность, безопасность вложения и период окупаемости инвестиций. Результаты оценивания по пятибалльной шкале (5 – наилучшее значение критерия; 1- наихудшее значения критерия) представлены в табл.3.

Таблица 3. Оценка альтернатив

Объекты	Критерии			
	Доходность	Ликвидность	Безопасность	Период
1	4	2	3	4
2	3	3	2	2
3	5	3	2	2
4	4	4	4	1
5	2	4	2	4
6	3	3	3	5
7	5	2	4	4

1. Осуществить лексикографическое упорядочивание критериев и определить наиболее привлекательную альтернативу. Считаем, что порядок важности критериев (по убыванию): доходность, безопасность, ликвидность, период окупаемости.
2. Определить наиболее привлекательную альтернативу методом главного критерия. Наиболее значимый критерий – доходность. При этом безопасность вложения в объект не должна иметь балл меньший 3.
3. Определить множество альтернатив оптимальных по Парето.
4. Матрица парных сравнений критериев имеет вид:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1/4 & 5 & 2 \\ 4 & 1 & 5 & 3 \\ 1/5 & 1/5 & 1 & 1/2 \\ 1/2 & 1/3 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

- проверить согласованности матрицы;
  - определить веса критериев.
5. Из множества оптимальных альтернатив Парето осуществить отбор наиболее предпочтительной альтернативы. Для этого рассчитать интегральный критерий, используя:
    - линейную аддитивную свертку;
    - минимаксную свертку;
    - мультипликативную свертку.
  6. Используя метод идеальной точки определить наилучшую альтернативу:
    - с весами, рассчитанными ранее;

– считая веса одинаковыми.

Результаты отбора наилучшей альтернативы по всем критериям свести в таблицу. Сделать выводы.

#### Вариант 4

С целью выбора места выступления музыкальной группы, анализируются концертные сцены города Харькова. Оценка каждого места проведения концерта осуществлялось по трем критериям: цена, качество звука, количество мест. Результаты оценивания по десятибалльной шкале (10 – наилучшее значение критерия; 1- наихудшее значения критерия) представлены в табл.4.

Таблица 4. Оценка альтернатив

Места	Критерии		
	Цена	Качество звука	Количество мест
Стадион «Металлист»	5	7	9
ККЗ «Украина»	7	9	8
Дворец Спорта	7	8	9
ХАТОБ	6	9	8
ДК Связи	8	5	4
ДК Милиции	6	5	4
Клуб «Мисто»	6	7	5
Клуб «Жара»	6	6	4
Арт-кафе «Корова»	5	6	4

1. Осуществить лексикографическое упорядочивание критериев и определить наиболее привлекательную альтернативу. Считаем, что порядок важности критериев (по убыванию): качество звука, цена, количество мест.
2. Определить наиболее привлекательную альтернативу методом главного критерия. Наиболее значимый критерий – количество мест. При этом цена места проведения не должна иметь балл меньший 6.
3. Определить множество альтернатив оптимальных по Парето.
4. Матрица парных сравнений критериев имеет вид:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1/5 & 3 \\ 5 & 1 & 5 \\ 1/3 & 1/5 & 1 \end{pmatrix}$$

- проверить согласованности матрицы;
  - определить веса критериев.
5. Из множества оптимальных альтернатив Парето осуществить отбор наиболее предпочтительной альтернативы. Для этого рассчитать интегральный критерий, используя:
    - линейную аддитивную свертку;

- минимаксную свертку;
  - мультипликативную свертку.
6. Используя метод идеальной точки определить наилучшую альтернативу:
- с весами, рассчитанными ранее;
  - считая веса одинаковыми.

Результаты отбора наилучшей альтернативы по всем критериям свести в таблицу. Сделать выводы.

### Вариант 5

С целью размещения рекламы на телевидении анализируются девять каналов. Оценка каждого канала осуществлялась по четырем критериям: цена размещения, популярность канала, соответствие аудитории рекламному товару и цена прайм-тайм. Результаты оценивания по пятибалльной шкале (5 – наилучшее значение критерия; 1- наихудшее значения критерия) представлены в табл.5.

Таблица 5. Оценка альтернатив

Каналы	Критерии			
	Цена	Популярность	Соответствие аудитории	Прайм - тайм
1	5	4	2	3
2	4	4	2	2
3	4	3	3	3
4	3	2	4	4
5	2	2	4	4
6	2	1	3	3
7	3	2	5	3
8	4	3	5	2
9	5	5	4	3

1. Осуществить лексикографическое упорядочивание критериев и определить наиболее привлекательную альтернативу. Считаем, что порядок важности критериев (по убыванию): популярность, соответствие аудитории, цена, прайм-тайм.
2. Определить наиболее привлекательную альтернативу методом главного критерия. Наиболее значимый критерий – соответствие аудитории. При этом популярность канала не должна иметь балл меньший 3.
3. Определить множество альтернатив оптимальных по Парето.
4. Матрица парных сравнений критериев имеет вид:

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 4 & 3 \\ 1/3 & 1 & 2 & 3 \\ 1/4 & 1/2 & 1 & 1/3 \\ 1/3 & 1/3 & 3 & 1 \end{pmatrix}$$

- проверить согласованности матрицы;
  - определить веса критериев.
5. Из множества оптимальных альтернатив Парето осуществить отбор наиболее предпочтительной альтернативы. Для этого рассчитать интегральный критерий, используя:
- линейную аддитивную свертку;
  - минимаксную свертку;
  - мультипликативную свертку.
6. Используя метод идеальной точки определить наилучшую альтернативу:
- с весами, рассчитанными ранее;
  - считая веса одинаковыми.

Результаты отбора наилучшей альтернативы по всем критериям свести в таблицу. Сделать выводы.

### Вариант 6

В рамках экономического факультета технического вуза решается вопрос об открытии новой специальности. Оценка каждой специальности осуществлялась по трем критериям: профессорско-преподавательский состав, методическая обеспеченность и материально - техническая база университета. Результаты оценивания по десятибалльной шкале (10 – наилучшее значение критерия; 1-наихудшее значения критерия) представлены в табл.6.

Таблица 6. Оценка альтернатив

Специальности	Критерии		
	Проф.-преп. состав	Метод. обеспеченность	Мат.-техн. база
Экономика предприятия	9	6	6
Логистика	5	6	7
Коммерческая деятельность	6	5	7
Банковское дело	7	4	5
Бухг. учет и аудит	8	7	5
Туристический менеджмент	9	3	4
Финансовый менеджмент	5	5	7
Международные отношения	4	5	8
ВЭД	4	4	6
Страхование	7	4	8
Информационный менеджмент	4	3	7

1. Осуществить лексикографическое упорядочивание критериев и определить наиболее привлекательную альтернативу. Считаем, что порядок важности критериев (по убыванию): материально-техническая база, методическая обеспеченность, профессорско-преподавательский состав.
2. Определить наиболее привлекательную альтернативу методом главного критерия. Наиболее значимый критерий – профессорско-преподавательский

состав. При этом материально – техническая база не должна иметь балл меньший 5.

3. Определить множество альтернатив оптимальных по Парето.
4. Матрица парных сравнений критериев имеет вид:

$$\begin{pmatrix} 1 & 8 & 9 \\ 1/8 & 1 & 3 \\ 1/9 & 1/3 & 1 \end{pmatrix}$$

- проверить согласованности матрицы;
  - определить веса критериев.
5. Из множества оптимальных альтернатив Парето осуществить отбор наиболее предпочтительной альтернативы. Для этого рассчитать интегральный критерий, используя:
    - линейную аддитивную свертку;
    - минимаксную свертку;
    - мультипликативную свертку.
  6. Используя метод идеальной точки определить наилучшую альтернативу:
    - с весами, рассчитанными ранее;
    - считая веса одинаковыми.

Результаты отбора наилучшей альтернативы по всем критериям свести в таблицу. Сделать выводы.

### Вариант 7

С целью выбора объекта для инвестирования анализируются 12 объектов. Оценка каждого объекта осуществлялась по трем критериям: доходность, ликвидность и безопасность вложения. Результаты оценивания (табл.7) по десятибалльной шкале (10 – наилучшее значение критерия; 1- наихудшее значения критерия).

Таблица 7. Оценка альтернатив

Объекты	Критерии		
	Доходность	Ликвидность	Безопасность
1	10	7	5
2	7	7	6
3	7	9	7
4	5	8	6
5	4	4	7
6	6	4	5
7	4	5	6
8	10	8	4
9	9	9	6
10	8	6	7
11	9	6	6
12	5	7	6

1. Осуществить лексикографическое упорядочивание критериев и определить наиболее привлекательную альтернативу. Считаем, что порядок важности критериев (по убыванию): ликвидность, безопасность, доходность.
2. Определить наиболее привлекательную альтернативу методом главного критерия. Наиболее значимый критерий – безопасность. При этом доходность вложения в объект не должна иметь балл меньше 6.
3. Определить множество альтернатив оптимальных по Парето.
4. Матрица парных сравнений критериев имеет вид:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1/8 & 1/9 \\ 8 & 1 & 1/3 \\ 9 & 3 & 1 \end{pmatrix}$$

- проверить согласованности матрицы;
  - определить веса критериев.
5. Из множества оптимальных альтернатив Парето осуществить отбор наиболее предпочтительной альтернативы. Для этого рассчитать интегральный критерий, используя:
    - линейную аддитивную свертку;
    - минимаксную свертку;
    - мультипликативную свертку.
  6. Используя метод идеальной точки определить наилучшую альтернативу:
    - с весами, рассчитанными ранее;
    - считая веса одинаковыми.

Результаты отбора наилучшей альтернативы по всем критериям свести в таблицу. Сделать выводы.

### Вариант 8

С целью выбора места выступления музыкальной группы, анализируются концертные сцены города Харькова. Оценка каждого места проведения концерта осуществлялась по четырем критериям: цена, качество звука, количество мест и территориальное расположение места для выступления. Результаты оценивания по пятибалльной шкале (5 – наилучшее значение критерия; 1- наихудшее значения критерия) представлены в табл.8.



Таблица 8. Оценка альтернатив

Места	Критерии			
	Цена	Качество звука	Количество мест	Территориальное расположение
Стадион «Металлист»	5	3	5	3
ККЗ «Украина»	4	5	4	4
Дворец Спорта	4	4	5	3
ХАТОБ	3	5	4	5
ДК Связи	4	2	3	4
Клуб «Мисто»	5	3	2	5
Арт-кафе «Корова»	4	3	2	4

1. Осуществить лексикографическое упорядочивание критериев и определить наиболее привлекательную альтернативу. Считаем, что порядок важности критериев (по убыванию): цена, количество мест, качество звука, территориальное расположение.
2. Определить наиболее привлекательную альтернативу методом главного критерия. Наиболее значимый критерий – территориальное расположение. При этом оценка качества звука не должна иметь балл меньший 4.
3. Определить множество альтернатив оптимальных по Парето.
4. Матрица парных сравнений критериев имеет вид:

$$\begin{pmatrix} 1 & 4 & 3 & 5 \\ 1/4 & 1 & 1/2 & 1 \\ 1/3 & 2 & 1 & 1/3 \\ 1/5 & 1 & 3 & 1 \end{pmatrix}$$

- проверить согласованности матрицы;
  - определить веса критериев.
5. Из множества оптимальных альтернатив Парето осуществить отбор наиболее предпочтительной альтернативы. Для этого рассчитать интегральный критерий, используя:
    - линейную аддитивную свертку;
    - минимаксную свертку;
    - мультипликативную свертку.
  6. Используя метод идеальной точки определить наилучшую альтернативу:
    - с весами, рассчитанными ранее;
    - считая веса одинаковыми.

Результаты отбора наилучшей альтернативы по всем критериям свести в таблицу. Сделать выводы.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

### Исследование многошаговых методов построения и решающих правил для многокритериальных задач принятия решений

**Цель работы:** получение практических навыков построения решающих правил для многокритериальных ЗПР с использованием метода последовательных уступок и метода ELECTRE.

Теоретические материалы, необходимые для выполнения лабораторной работы изложены в лекции «Многокритериальное оценивание».

Результаты выполнения лабораторной работы № 6 необходимо представить в виде электронного отчета, созданного в текстовом редакторе Microsoft Word, расчеты – в табличном редакторе Microsoft Excel.

#### ***А. Выбор наилучшей альтернативы с использованием метода последовательных уступок.***

Имеется множество альтернатив  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ , оцениваемых по набору критериев  $F = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$ . Нумерация критериев соответствует их порядку важности  $(f_1 \phi f_2 \phi \dots f_n)$ .

Используя метод последовательных уступок, для заданных значений  $\Delta_j$  выбрать наиболее предпочтительную альтернативу.

**ПРИМЕР:** Предприятие пищевой промышленности намерено приобрести фасовочную машину. Выбор осуществляется из 7 вариантов, для оценки которых используются 4 критерия:

$f_1 \rightarrow \max$  - производительность, упаковок в час;

$f_2 \rightarrow \min$  - стоимость, тыс. ден.ед.;

$f_3 \rightarrow \min$  - длительность заправки бункера, мин.;

$f_4 \rightarrow \max$  - емкость бункера, л.

$x_i$	$f_1(x_i)$	$f_2(x_i)$	$f_3(x_i)$	$f_4(x_i)$
$x_1$	200	45	15	10
$x_2$	180	48	20	8
$x_3$	200	50	10	8
$x_4$	190	48	10	10
$x_5$	220	50	5	12
$x_6$	200	42	10	7
$x_7$	220	40	20	15

Допустимые величины уступок по критериям:  $\Delta_1 = 20$  уп./час;  $\Delta_2 = 5$  тыс. ден. ед.;  $\Delta_3 = 5$  мин.

### РЕШЕНИЕ:

1. Заменяем критерии  $f_2$  на  $(-f_2)$  и  $f_3$  на  $(-f_3)$ , для того чтобы от задачи минимизации перейти к задаче максимизации. Соответственно изменится таблица критериальных оценок.

$x_i$	$f_1(x_i)$	$f_2(x_i)$	$f_3(x_i)$	$f_4(x_i)$
$x_1$	200	-45	-15	10
$x_2$	180	-48	-20	8
$x_3$	200	-50	-10	8
$x_4$	190	-48	-10	10
$x_5$	220	-50	-5	12
$x_6$	200	-42	-10	7
$x_7$	220	-40	-20	15

2. Введем следующие обозначения:

$$X_0 = X$$

$$t_j^* = \max_{x \in X_{j-1}} f_j(x)$$

$$Z_j^* = \arg \max_{x \in X_{j-1}} f_j(x) = \{x \in X_{j-1} | f_j(x) = t_j^*\}$$

$$X_j = \{x \in X_{j-1} | f_j(x) \geq t_j^* - \Delta_j\}, (j=1, \dots, n)/$$

Таким образом, множество  $X_j$  содержит альтернативы, допустимые с учетом уступок  $\Delta_1, \dots, \Delta_j$  по критериям  $f_1, \dots, f_j$ . На этом множестве будет выполняться оптимизация следующего по важности критерия  $f_{j+1}$ . Альтернативы, являющиеся решением оптимизационной задачи на  $j$ -м шаге алгоритма (максимизирующие критерий  $f_j$  на множестве  $X_{j-1}$ ), образуют множество  $Z^*$ .

Выполняем максимизацию наиболее важного критерия  $f_1$ :  $t_1^* = 220$ ;  $Z_1^* = \{x_5; x_7\}$

Поскольку полученное решение оптимизационной задачи содержит более одной (в данном случае две) альтернативы, необходимо выделить из него подмножество эффективных (Парето-оптимальных) альтернатив. Сравнивая по Парето  $x_5$  и  $x_7$ , убеждаемся, что они несравнимы — тем самым обе альтернативы являются эффективными (решение  $x_5$  является более дорогостоящим, но обеспечивает значительную по сравнению с  $x_7$  экономию времени при заправке бункера).

В соответствии с условием задачи,  $\Delta_1 = 20$  уп./час (с целью снижения стоимости машины ЛПР согласно снизить ее производительность на данную величину). С учетом этого:  $X_1 = \{x \in X | f_1(x) \geq 2000\} = \{x_1; x_3; x_5; x_6; x_7\}$

$x_i$	$f_1(x_i)$	$f_2(x_i)$	$f_3(x_i)$	$f_4(x_i)$
$x_1$	200	-45	-15	10
$x_3$	200	-50	-10	8
$x_5$	220	-50	-5	12
$x_6$	200	-42	-10	7
$x_7$	220	-40	-20	15

Максимизируем критерий  $f_2$ :  $t_2^* = -40$ ;  $Z_2^* = \{x_7\}$ .

5. Делаем уступку по 2-му критерию  $\Delta 2 = 5$  тыс. ден. ед. (что соответствует согласию ЛПР получить машину с меньшим временем заправки бункера за счет повышения ее цены не более, чем на 5 тыс. ден.ед.). Отсюда:

$$X_2 = \{x \in X_1 | f_2(x) \geq -45\} = \{x_1; x_6; x_7\}$$

$x_i$	$f_1(x_i)$	$f_2(x_i)$	$f_3(x_i)$	$f_4(x_i)$
$x_1$	200	-45	-15	10
$x_6$	200	-42	-10	7
$x_7$	220	-40	-20	15

Максимизируем критерий  $f_3$ :

$$t_3^* = -10; Z_3^* = \{x_6\}.$$

6. Для получения более высокой оценки по критерию  $f_4$ , вводим уступку по критерию  $f_3$ :  $\Delta 3 = 5$  мин., в результате чего получаем:

$$X_3 = \{x \in X_2 | f_3(x) \geq -15\} = \{x_1; x_6\}$$

$x_i$	$f_1(x_i)$	$f_2(x_i)$	$f_3(x_i)$	$f_4(x_i)$
$x_1$	200	-45	-15	10
$x_6$	200	-42	-10	7

Максимизируем последний, наименее важный критерий  $f_4$ :

$$t_4^* = 100; Z_4^* = \{x_1\}.$$

Альтернатива  $x^* = x_1$  является окончательным решением исходной задачи выбора, обеспечивая приемлемую для ЛПР форму компромисса между оценками по всем критериям, с учетом назначенных величин уступок.

### ЗАДАНИЕ 1:

#### **Вариант 1**

Выбор компрессора для подачи воздуха в пневматическое оборудование. Имеется 6 альтернатив, оцениваемых по критериям:

$f_1 \rightarrow \max$  - производительность, л/мин.;

$f_2 \rightarrow \min$  - стоимость, тыс. у.е.;

$f_3 \rightarrow \min$  - время установления рабочего давления, с;

$f_4 \rightarrow \max$  - удобство эксплуатации, баллы.

$x_i$	$f_1(x_i)$	$f_2(x_i)$	$f_3(x_i)$	$f_4(x_i)$
$x_1$	120	12.5	50	4
$x_2$	60	8	20	4
$x_3$	150	14	30	2
$x_4$	100	9.6	40	3
$x_5$	180	15.8	50	5
$x_6$	120	12.8	40	3

Величины уступок:  $\Delta 1 = 60$  л/мин.;  $\Delta 2 = 1,5$  тыс. у.е;  $\Delta 3 = 10$  с.

#### **Вариант 2**

Торговое предприятие намерено приобрести партию холодильных установок. Выбор осуществляется из 7 моделей на основе следующих критериев:

$f_1 \rightarrow \max$  - объем холодильной камеры, л;

$f_2 \rightarrow \min$  - стоимость, тыс. ден.ед.;

$f_3 \rightarrow \max$  - объем морозильной камеры, л;

$f_4 \rightarrow \max$  - срок гарантийного обслуживания, лет.

$x_i$	$f_1(x_i)$	$f_2(x_i)$	$f_3(x_i)$	$f_4(x_i)$
$x_1$	500	35	250	5
$x_2$	300	24	300	5
$x_3$	250	20	120	4
$x_4$	450	30	200	3
$x_5$	450	25	300	3
$x_6$	480	32	280	4
$x_7$	400	25	250	3

Величины уступок:  $\Delta 1 = 50$  л;  $\Delta 2 = 8$  тыс. ден. ед.;  $\Delta 3 = 30$  л.

### Вариант 3

Выбор технологической линии для предприятия из 9 моделей на основе следующих критериев:

$f_1 \rightarrow \max$  - производительность, изделий/час;

$f_2 \rightarrow \min$  - стоимость, тыс. ден. ед.;

$f_3 \rightarrow \max$  - удобство эксплуатации, баллы;

$f_4 \rightarrow \max$  - срок гарантийного обслуживания, лет.

$x_i$	$f_1(x_i)$	$f_2(x_i)$	$f_3(x_i)$	$f_4(x_i)$
$x_1$	40	220	4	4
$x_2$	45	240	5	2
$x_3$	30	200	3	2
$x_4$	48	300	4	5
$x_5$	35	180	3	3
$x_6$	50	320	5	5
$x_7$	32	160	3	2
$x_8$	40	250	3	4
$x_9$	42	200	3	4

Величины уступок:  $\Delta 1 = 10$  изд./час;  $\Delta 2 = 50$  тыс. ден. ед.;  $\Delta 3 = 1$  балл.

### Вариант 4

Выбор машины для изготовления пластмассовой упаковки. Имеется 7 альтернатив, оцениваемых по следующим критериям:

$f_1 \rightarrow \max$  - производительность, упаковок в час;

$f_2 \rightarrow \min$  - стоимость, тыс. ден. ед.;

$f_3 \rightarrow \min$  - потери материала, %;

$f_4 \rightarrow \max$  - удобство эксплуатации, баллы.

$x_i$	$f_1(x_i)$	$f_2(x_i)$	$f_3(x_i)$	$f_4(x_i)$
$x_1$	260	60	3	5
$x_2$	200	45	8	3
$x_3$	180	48	4	4
$x_4$	280	57	5	4
$x_5$	200	50	3	3
$x_6$	240	55	6	3
$x_7$	250	58	4	2

Величины уступок:  $\Delta 1 = 50$  уп./час;  $\Delta 2 = 3$  тыс. ден. ед.;  $\Delta 3 = 1\%$ .

### Вариант 5

Предприятие, выпускающее пищевую соль, намерено приобрести машину для расфасовки соли. Выбор осуществляется из 6 моделей на основе следующих критериев:

$f_1 \rightarrow \max$  - производительность, кг /час;

$f_2 \rightarrow \min$  - допустимые отклонения от требуемого веса упаковки, г;

$f_3 \rightarrow \min$  - стоимость, тыс. ден. ед.;

$f_4 \rightarrow \min$  - потери соли, %.

$x_i$	$f_1(x_i)$	$f_2(x_i)$	$f_3(x_i)$	$f_4(x_i)$
$x_1$	220	50	52	5
$x_2$	180	80	35	5
$x_3$	240	60	47	10
$x_4$	240	100	40	10
$x_5$	200	50	50	8
$x_6$	250	25	40	8

Величины уступок:  $\Delta 1 = 40$  кг/час;  $\Delta 2 = 10$  г;  $\Delta 3 = 3$  тыс. ден. ед.

### Вариант 6

Предприятие пищевой промышленности решает задачу выбора конвейера для транспортировки продуктов. Имеется 6 альтернативных вариантов, оцениваемых по следующим критериям:

$f_1 \rightarrow \min$  - стоимость, тыс. ден. ед.;

$f_2 \rightarrow \max$  - максимальный вес транспортируемого груза, кг;

$f_3 \rightarrow \max$  - удобство эксплуатации, баллы;

$f_4 \rightarrow \max$  - количество переключаемых скоростей работы.

$x_i$	$f_1(x_i)$	$f_2(x_i)$	$f_3(x_i)$	$f_4(x_i)$
$x_1$	45	80	4	4
$x_2$	45	90	3	4
$x_3$	48	60	5	2
$x_4$	42	80	5	3
$x_5$	40	40	5	2
$x_6$	42	50	4	2

Величины уступок:  $\Delta 1 = 5$  тыс. ден. ед.;  $\Delta 2 = 20$  кг;  $\Delta 3 = 1$  балл.

### Вариант 7

Химический комбинат планирует внедрить автоматизированную систему управления технологическими процессами. Выбор осуществляется из 7 вариантов, для оценки которых используются следующие критерии:  $f_1 \rightarrow \min$  - затраты на внедрение, тыс. ден. ед.;

$f_2 \rightarrow \min$  - рок ввода в эксплуатацию, мес.;

$f_3 \rightarrow \max$  - срок гарантийного обслуживания, лет;

$f_4 \rightarrow \max$  - удобство эксплуатации, баллы.

$x_i$	$f_1(x_i)$	$f_2(x_i)$	$f_3(x_i)$	$f_4(x_i)$
$x_1$	40	7	4	3
$x_2$	35	7	3	4
$x_3$	40	6	2	5
$x_4$	60	6	5	5
$x_5$	45	7	3	3
$x_6$	30	8	2	3
$x_7$	55	6	4	4

Величины уступок:  $\Delta 1 = 10$  тыс. ден. ед.;  $\Delta 2 = 1$  мес.;  $\Delta 3 = 1$  год.

### Вариант 8

Предприятию требуется приобрести датчики для использования в составе автоматизированной системы управления технологическим процессом механообработки. Имеется возможность приобрести датчики одного из шести типов, для оценки которых используются следующие критерии:

$f_1 \rightarrow \min$  - стоимость, тыс. ден. ед.;

$f_2 \rightarrow \max$  - точность, количество отсчетов;

$f_3 \rightarrow \max$  - наработка на отказ, тыс. ч.;

$f_4 \rightarrow \max$  - условия технического обслуживания, баллы.

$x_i$	$f_1(x_i)$	$f_2(x_i)$	$f_3(x_i)$	$f_4(x_i)$
$x_1$	1,6	3000	3,2	3
$x_2$	1,6	2500	3,5	3
$x_3$	2	5000	4	5
$x_4$	2,5	5000	6,5	5
$x_5$	2,1	4000	5	3
$x_6$	1,8	3500	4,5	4



Величины уступок:  $\Delta 1 = 500$  ден. ед.;  $\Delta 2 = 1500$  отсчетов;  $\Delta 3 = 500$  часов.

### ***В. Выбор наилучшей альтернативы с использованием метода ELECTRE***

Имеется множество альтернатив  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ , оцениваемых по набору критериев  $F = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$ . Критериальные оценки приведены в таблице. Также задан порядок важности критериев, отражающий точку зрения некоторого ЛПР.

Выбрать наиболее предпочтительную альтернативу, используя метод ELECTRE. При расчете матрицы индексов согласия рассмотреть различные значения параметра  $\alpha$ . Длину шкалы  $L_j$  принимать равной разности между максимальной и минимальной оценками по критерию  $f_j$ .

#### ПРИМЕР:

Предлагается 5 различных площадок для строительства аэропорта. Критерии оценки площадок следующие:

$f_1 \rightarrow \min$  - затраты на строительство, млн. ден. ед.;

$f_2 \rightarrow \min$  -  $f_2 \rightarrow \min$  – среднее время пути до центра города, мин.;

$f_3 \rightarrow \min$  - количество людей, подвергающихся шумовым воздействиям, тыс. чел.

$x_i$	$f_1(x_i)$	$f_2(x_i)$	$f_3(x_i)$
$x_1$	1.8	70	5
$x_2$	1.7	40	10
$x_3$	1.6	90	20
$x_4$	1.5	50	35
$x_5$	1.3	60	50

Порядок важности критериев:  $f_1 \phi f_2 \phi f_3$ .

#### РЕШЕНИЕ:

1. Применение метода простого ранжирования дает следующие веса критериев:  $w_1 = 3$ ,  $w_2 = 2$ ,  $w_3 = 1$  (нормировка весов на единичную сумму в данном методе необязательна).

2. Переходя к задаче максимизации путем замены всех критериев  $f_j$  на  $(-f_j)$ , и  $w_j$  вычисляя длины шкал по формуле  $L_j = f_j^{\max} - f_j^{\min}$ , получаем следующие таблицы исходных данных.

$x_i$	$f_1(x_i)$	$f_2(x_i)$	$f_3(x_i)$
$x_1$	-1.8	-70	-5
$x_2$	-1.7	-40	-10
$x_3$	-1.6	-90	-20
$x_4$	-1.5	-50	-35

$x_5$	-1.3	-60	-50
-------	------	-----	-----

	$f_1(x_i)$	$f_2(x_i)$	$f_3(x_i)$
$w_j$	3	2	1
$L_j$	0.5	50	45

3. Для всех пар альтернатив  $(x_i, x_k)$ , где  $i \neq k$ , вычислим индексы согласия:

$$c_{ik} = \frac{\sum_{j \in J_{ik}^+} w_j + \alpha \sum_{j \in J_{ik}^0} w_j}{\sum_{j=1}^n w_j}$$

Матрица индексов согласия ( $\alpha = 0$ ):

$c_{ik}$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$
$x_1$	-	1.17	0.50	0.17	0.17
$x_2$	0.83	-	0.50	0.50	0.50
$x_3$	0.50	0.50	-	0.17	0.17
$x_4$	0.83	0.50	0.83	-	0.50
$x_5$	0.83	0.50	0.83	0.50	-

А также индексы несогласия:

$$d_{ik} = \max_{j \in J_{ik}^-} \left\{ \frac{f_j(x_k) - f_j(x_i)}{L_j} \right\}$$

Матрица индексов несогласия:

$c_{ik}$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$
$x_1$	-	0.60	0.40	0.60	1.00
$x_2$	0.11	-	0.20	0.40	0.80
$x_3$	0.40	1.00	-	0.80	0.60
$x_4$	0.67	0.56	0.33	-	0.40
$x_5$	1.00	0.89	0.67	0.33	-

4. Введем нижнее пороговое значение индекса согласия  $\alpha_1 = 0.8$  и верхнее пороговое значение индекса несогласия  $\beta_1 = 0.12$  (очевидно, нет смысла задавать значения  $\alpha_1 > 0.83$  и  $\beta_1 < 0.11$ . Попарно сравнивая альтернативы с помощью

отношения предпочтения  $(x_i \succ x_k) \Leftrightarrow (c_{ik} \geq \alpha_1) \cap (d_{ik} \leq \beta_1)$ , устанавливаем, что данное отношение выполняется только для одной пары альтернатив:  $x_2 \succ x_1$ , и таким образом его ядро имеет вид  $M_1 = \{x_2, x_3, x_4, x_5\}$ . Для однозначного выбора альтернативы этого недостаточно, поэтому необходимо ввести более слабые ограничения назначения индексов.

5. Повысим порог индекса несогласия до значения  $\beta_2 = 0.35$ . Пороговое значение индекса согласия оставим прежним:  $\alpha_2 = 0.8$ . В результате появляется еще одна сравнимая пара:  $x_4 \succ x_3$ , и новое отношение предпочтения имеет ядро  $M_2 = \{x_2, x_4, x_5\}$ , по-прежнему, содержащее более одной альтернативы.

6. Понижим порог индекса согласия до значения  $\alpha_3 = 0.5$ , а порог индекса несогласия оставим равным  $\beta_3 = 0.35$ . Это приводит к появлению новых сравнимых пар:  $x_2 \succ x_3$ ,  $x_5 \succ x_4$  и сужению множества недоминируемых альтернатив до  $M_3 = \{x_2, x_5\}$ .

7. Повышая порог индекса несогласия до  $\beta_4 = 0.4$  (оставляя при этом значение  $\alpha_4 = 0.5$ ), получаем новые сравнимые пары:  $x_1 \succ x_3$ ,  $x_2 \succ x_4$ ,  $x_3 \succ x_1$ ,  $x_4 \succ x_5$ , откуда следует  $M_4 = \{x_2\}$ . Таким образом, окончательным решением задачи выбора является  $x^* = x_2$ .

Альтернатива  $x_2$  получила наивысший ранг за счет высоких оценок по критериям  $f_2$  и  $f_3$ , суммарный приоритет которых равен половине общего приоритета критериев. Вместе с тем, достаточно низкая оценка данной альтернативы по критерию  $f_1$  не позволила ей быть выбранной при малых пороговых значениях индекса несогласия.

## ЗАДАНИЕ 2:

### **Вариант 1**

Предлагаются 5 проектов строительства промышленного предприятия. Оценка проектов производится по трем критериям:

$f_1 \rightarrow \max$  - прибыль, млн. ден. ед. в год;

$f_2 \rightarrow \max$  - число создаваемых рабочих мест;

$f_3 \rightarrow \max$  - возможности развития территории, баллы.

$x_i$	$f_1(x_i)$	$f_2(x_i)$	$f_3(x_i)$
$x_1$	12	3	4
$x_2$	10	3,5	3
$x_3$	13	3	2
$x_4$	15	2	5
$x_5$	14	2,5	5

Порядок важности критериев:  $f_1 \phi f_2 \sim f_3$ . Веса критериев  $w_1 = 2$ ;  $w_2 = 1$ ;  $w_3 = 1$ .

### **Вариант 2**

Предприятие предполагает заключить договор о поставках железной руды с одним из пяти поставщиков. Поставщики оцениваются по трем критериям:

$f_1 \rightarrow \max$  - содержание металла в руде, %;

$f_2 \rightarrow \min$  - стоимость руды, ден. ед. за тонну;

$f_3 \rightarrow \max$  - надежность поставок, баллы.

$x_i$	$f_1(x_i)$	$f_2(x_i)$	$f_3(x_i)$
$x_1$	12	200	2
$x_2$	9	120	4
$x_3$	15	220	5
$x_4$	7	100	4
$x_5$	10	140	4

Порядок важности критериев:  $f_1 \phi f_3 \phi f_2$ . Веса критериев  $w_1 = 3$ ;  $w_3 = 2$ ;  $w_2 = 1$ .

### Вариант 3

Предприятие выбирает универсальный станок для обработки изделий нескольких типов. Имеется 5 различных моделей станков, оцениваемых по трем критериям:

$f_1 \rightarrow \max$  - количество типов обрабатываемых изделий;

$f_2 \rightarrow \min$  - стоимость станка, тыс. ден. ед.;

$f_3 \rightarrow \max$  - удобство переналадки на другой тип изделий, баллы.

$x_i$	$f_1(x_i)$	$f_2(x_i)$	$f_3(x_i)$
$x_1$	10	200	4
$x_2$	8	160	3
$x_3$	15	250	5
$x_4$	10	180	2
$x_5$	12	240	4

Порядок важности критериев:  $f_1 \phi f_2 \phi f_3$ . Веса критериев  $w_1 = 3$ ;  $w_2 = 2$ ;  $w_3 = 1$ .

### Вариант 4

Предприятие выбирает технологическую линию. Выбор осуществляется из пяти моделей, оцениваемых по трем критериям:

$f_1 \rightarrow \max$  - производительность, изделий в час;

$f_2 \rightarrow \min$  - стоимость линии, тыс. ден.ед.;

$f_3 \rightarrow \max$  - удобство в эксплуатации, баллы.

$x_i$	$f_1(x_i)$	$f_2(x_i)$	$f_3(x_i)$
$x_1$	25	140	4
$x_2$	25	100	2
$x_3$	30	200	5
$x_4$	15	100	3
$x_5$	35	200	4

Порядок важности критериев:  $f_1 \phi f_3 \phi f_2$ . Веса критериев  $w_1 = 3$ ;  $w_3 = 2$ ;  $w_2 = 1$ .

### Вариант 5

Предприятие-производитель бытовой электроники выбирает торговую фирму для заключения с ней контракта на распространение своей продукции. Выбор осуществляется среди пяти торговых фирм на основе следующих критериев:

$f_1 \rightarrow \max$  - опыт работы с данным, типом продукции, лет;

$f_2 \rightarrow \max$  - занимаемая доля рынка, %;

$f_3 \rightarrow \max$  - репутация фирмы, баллы.

$x_i$	$f_1(x_i)$	$f_2(x_i)$	$f_3(x_i)$
$x_1$	2	20	4
$x_2$	6	20	2
$x_3$	5	10	4
$x_4$	7	5	3
$x_5$	4	15	5

Порядок важности критериев:  $f_3 \phi f_1 \phi f_2$ . Веса критериев  $w_3 = 3$ ;  $w_1 = 2$ ;  $w_2 = 1$ .

### Вариант 6

Предлагается 5 различных площадок для строительства предприятия химической промышленности. Критерии оценки площадок следующие:  $f_1 \rightarrow \max$  - оценка условий для доставки сырья, баллы;

$f_2 \rightarrow \min$  - затраты на строительство, млн. ден. ед.;

$f_3 \rightarrow \min$  - вероятность загрязнения грунтовых вод в случае аварии.

$x_i$	$f_1(x_i)$	$f_2(x_i)$	$f_3(x_i)$
$x_1$	3	3.5	0.4
$x_2$	4	2.8	0.7
$x_3$	2	3	0.4
$x_4$	1	3.5	0.3
$x_5$	5	4	0.1

Порядок важности критериев:  $f_3 \phi f_2 \sim f_1$ . Веса критериев  $w_3 = 2$ ;  $w_2 = 1$ ;  $w_1 = 1$ .

### Вариант 7

Выбирается площадка для строительства металлургического предприятия. Предлагаемые для строительства площадки оцениваются на основе следующих критериев:

$f_1 \rightarrow \max$  - близость к источникам сырья, баллы;

$f_2 \rightarrow \max$  - близость к потребителям, баллы;

$f_3 \rightarrow \min$  - затраты на строительство, млн. ден. ед.

$x_i$	$f_1(x_i)$	$f_2(x_i)$	$f_3(x_i)$
$x_1$	5	2	2.5
$x_2$	4	3	4
$x_3$	2	4	3
$x_4$	5	1	2
$x_5$	3	4	3

Порядок важности критериев:  $f_3 \phi f_1 \phi f_2$ . Веса критериев  $w_3 = 3$ ;  $w_1 = 2$ ;  $w_2 = 1$ .

### Вариант 8

Выбирается площадка для строительства производственного предприятия. Предлагаемые для строительства площадки оцениваются на основе следующих критериев:

$f_1 \rightarrow \max$  - качество дорожной сети, баллы;

$f_2 \rightarrow \max$  - качество энергоснабжения, баллы;

$f_3 \rightarrow \min$  - затраты на строительство, млн. ден. ед.

$x_i$	$f_1(x_i)$	$f_2(x_i)$	$f_3(x_i)$
$x_1$	3	4	3.5
$x_2$	2	4	2.5
$x_3$	4	2	3
$x_4$	5	3	3.5
$x_5$	3	5	3

Порядок важности критериев:  $f_3 \phi f_1 \sim f_2$ . Веса критериев  $w_3 = 2$ ;  $w_1 = 1$ ;  $w_2 = 1$ .

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Малхорта, Нэреш К. Маркетинговые исследования. Практическое руководство. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002
- 2 Литвак Б.Г. Экспертные технологии в управлении. - Учеб. пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Дело, 2004
- 3 Литвак Б.Г. Экспертная информация. Методы получения и анализа. - М.: Радио и связь, 1982
- 4 Орлов А.И. Менеджмент. Учебник. М.: Издательство "Изумруд", 2003
- 5 Орлов А.И. Экспертные оценки. Учебное пособие. - М.: 2002
- 6 Теория статистики: Учебник/ Под ред. проф. Р.А.Шмойловой. М.: Финансы и статистика, 2009



**Гринберг Г.Л., Дунаевская О.И.**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ**

**по дисциплине "Статистический анализ данных"**  
для студентов экономических специальностей

Ответственный за выпуск Д.В.Райко  
В авторской редакции